

УДК 621.81

**В. Крук, канд. тех. наук; А. Дячун, канд. тех. наук;  
І. Гевко, канд. тех. наук; А. Гупка; В. Клендій; І. Кучвара**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАВАЛЬЦЮВАННЯ КУЛЬОК У НАПРАВЛЯЮЧИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕХАНІЗМАХ**

**Резюме.** Наведено конструкцію і принцип роботи пристрою для завальцювання кульок у направляючих у транспортних механізмах з попередньо підготовленим базовим отвором. Виведено аналітичні залежності для визначення силових, конструктивних і технологічних параметрів при завальцюванні кульок у транспортних направляючих парах тертя кочення, виготовлених з різних матеріалів.

**Ключові слова:** завальцювання кульок, транспортні механізми, кільцева канавка, базовий отвір.

**V. Kruk, A. Dachun, I. Gevko, A. Gupka, V. Klendiy, I. Kuchvara**

## **INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS ZAVALTSYUVANNYA BALLS IN GUIDING TRANSPORT MECHANISMS**

**The summary.** Present structure and principle of the device for zavaltsyuvannya balls in guiding the transport mechanisms of pre-prepared base hole. The derived analytical dependences for determination of power, structural and technological parameters in the balls by rolling in the transport steam rollingguides manufactured from different materials.

**Key words:** zavaltsyuvannya balls, transport mechanisms, neck, the base hole.

### **Умовні позначення**

$P_1$  – вертикальна складова зусилля деформації стінки, Н;  
 $P_z$  – вертикальна складова сили різання, Н;  
 $n$  – кількість зубів інструмента;  
 $P_d$  – зусилля деформації стінки, Н;  
 $\alpha$  – кут нахилу клина деформуючої частини інструмента, град.;  
 $c$  – ширина частини кільцевого виступу що піддається деформації, мм;  
 $s$  – товщина стінки кільцевого виступу, мм;  
 $\sigma_s$  – границя текучості матеріалу, МПа;  
 $k_1$  – коефіцієнт, що враховує зміцнення матеріалу,  $k_1=1,2\dots1,3$ ;  
 $h$  – глибина кільцевої виточки, мм;  
 $P_x$  – горизонтальна складова сили різання, Н;  
 $R_c$  – середній радіус виточки, мм;  
 $P_T$  – сила тертя між деформуючою частиною інструмента та заготовкою, Н;  
 $r$  – внутрішній радіус кільцевої канавки, мм;  
 $\mu$  – коефіцієнт тертя між деформуючою частиною інструмента та матеріалом деталі;  
 $C_p$  – коефіцієнт, що враховує особливості процесу різання;  
 $S$  – подача інструмента, мм/об;  
 $b$  – ширина виточки, мм;  
 $V$  – швидкість різання, м/хв;  
 $y, x, n$  – показники степені відповідних складових формули.

Постановка проблеми. Технологічні процеси виробництва нерозривно пов'язані з переміщенням великої кількості вантажів, починаючи від заготівельних операцій,

подавання сировини та комплектуючих у виробництво, міжопераційного транспортування до видавання готової продукції на склади і з них. Останнім часом у машинобудуванні набули широкого використання кулькові направляючі пари кочення, які дозволяють здійснювати лінійні та рейкові переміщення, зі зменшеними осьовими зусиллями опору й підвищення експлуатаційної надійності й довговічності.

Тому проблема виготовлення деталей вузлів тертя кочення транспортних механізмів у всіх галузях народного господарства є актуальною, має важливе значення і потребує подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням підвищення надійності та довговічності роботи машин і механізмів, зменшення тертя і підвищення експлуатаційної надійності й довговічності присвячені праці Костецького Б.І. [1], Хрущова М.М. [2], Ткачева В.Н. [3], Жолобова О.О. [4] та багато інших.

Метою роботи є розроблення удосконаленої конструкції пристрою для завальцювання кульок у напрямляючих транспортних механізмах підвищеної експлуатаційної надійності й довговічності, дослідження технологічного процесу виготовлення направляючих пар тертя кочення в машинах і механізмах з визначенням силових, технологічних і конструктивних параметрів.

Робота виконується згідно з постановою Кабінету Міністрів України “Розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентоспроможною технікою на 2010–2015 роки”.

Реалізація роботи. Розроблено конструкція пристрою для завальцювання кульок у напрямних транспортних механізмах, яка виконана у вигляді державки 1 з конічним хвостовиком для кріплення на верстаті, в середині якого виконано центральний наскрізний отвір 19 для подавання охолоджуючої рідини в зону формоутворення. В оправці з нижнього торця виконано кільцеву канавку 2, яка є у взаємодії з втулкою 17, в якій рівномірно по колу виконані по внутрішньому діаметру виїмки 21 під кульки 18, наприклад, три. Кульки встановлені в радіальні отвори 3 і оправки 1 підтиснені пружинами стиснення 20 з можливістю осьового переміщення.

В нижній торцевій частині оправки 1 виконано отвір 17, в який встановлено притискну оправку 5 з центральним отвором, який є продовженням отвору 19 для подавання охолоджуючої рідини. На зовнішньому діаметрі отвору конусної притискної оправки встановлено пружину стискування 4, яка знизу впирається у виступ 6 більшого діаметра оправки, а знизу притискної оправки виконано сферичну виїмку, що притискає кульку 14, яку необхідно завальцювати в отворі 19 напрямної 11.

Нижня частина притискної оправки 16 виконана у вигляді фланця 7, в якому рівномірно по колу виконано три пари радіальних пазів 15 по два, до яких знизу жорстко закріплені формувальні інструменти 14 Г-подібної форми з формувальними елементами 13, болтами 10, з можливістю радіального переміщення.

Для забезпечення мінімального зусилля завальцювання кульок 6 в отворах 19 напрямних плит 11 навколо цих отворів виконані кільцеві канавки 12 з кільцевими виступами 17 навколо завальцюваних кульок, які легко деформуються і завальцюються формувальними елементами 13 формувальних інструментів 14. Канавки 12 виконують окремо на вертикально-свердильних верстатах спеціальними

кільцевими свердлами поза межами пристрою.

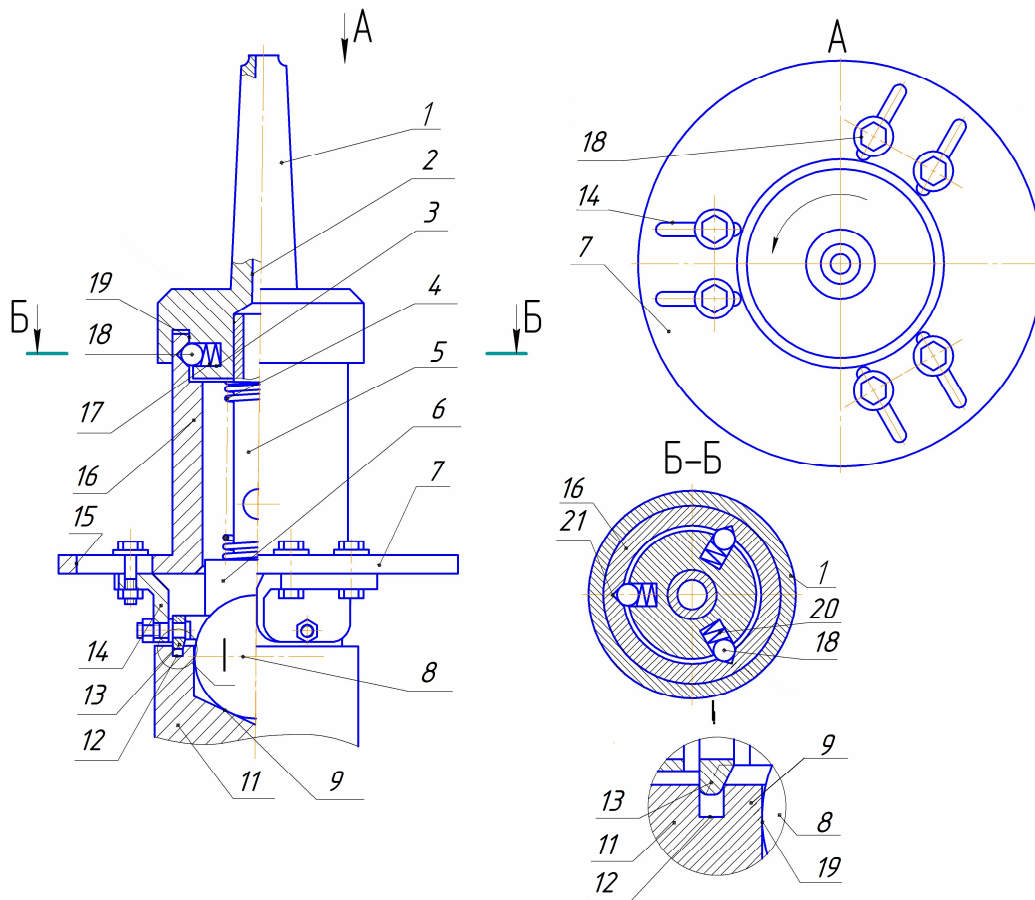


Рисунок 1. Пристрій для завальцювання кульок у напрямних транспортних механізмах

Особливістю конструкції пристрою є те, що вісь обертання формувальних інструментів 14 і вісь пристрою зміщені на величину ексцентриситета  $\Delta$  ексцентриситета в межах 0,2–0,6 мм для полегшення осьової подачі пристрою і створення покращених умов завальцювання кульок 8 в отворах 19 зі зменшенням зусилля формування.

Робота пристрою для завальцювання кульок у направляючі здійснюється таким чином. Державка 1 встановлюється в шпиндель верстата (на кресленні не показано). Після цього на стіл верстата встановлюється направляюча 11 зі сферичними виїмками 9 під кульки 14, в які вони встановлюються. До сферичної виїмки підводиться центрувальна оправка 5 з кулькою 14, за допомогою якої здійснюється центрування кульки відносно оправки і сферичної виїмки. Після підготовчих робіт підключається змащувально-охолоджуюча рідина, яка по каналах 4 надходить у зону деформування, включається верстат, пристрій обертається, при цьому здійснюється осьова його подача і формуючі півкруглі елементи 19 взаємодіють з канавкою 12, а формувальний інструмент 13 здійснює завальцювання кульки в направляючій.

Для забезпечення завальцювання кульки з можливістю її обертання в гнізді для жорсткої посадки вибирають режими час точіння і завальцювання. Крім цього, простір під кульки заповнюють густим мастилом або встановлюють маслянки.

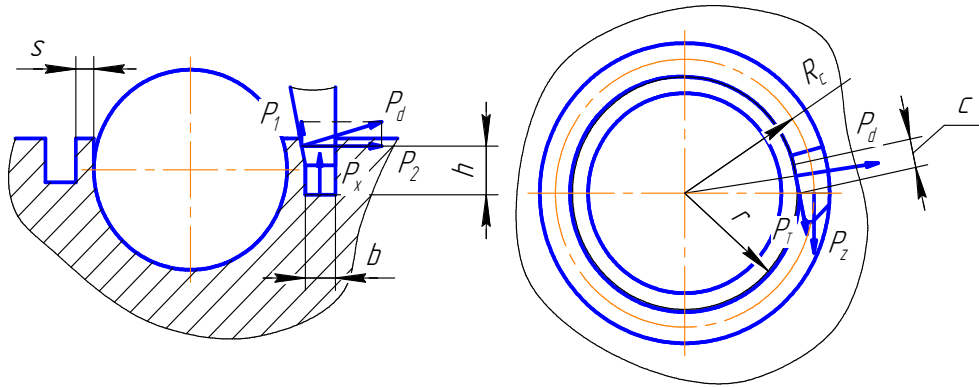


Рисунок 2. Схема для розрахунку інструмента для завальцювання кульки

Основними параметрами, що визначають силові характеристики інструментів, які використовуються на свердильних верстатах, є осьова сила  $P_0$  та крутильний момент  $M$ .

Згідно з розрахунковою схемою на рисунку 2 отримаємо

$$P_0 = n(P_1 + P_x). \quad (1)$$

Вертикальну складову зусилля деформації стінки визначаємо із виразу

$$P_1 = P_d \cdot \sin \alpha. \quad (2)$$

Зусилля деформації стінки визначаємо за формулою

$$P_d = \frac{c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1}{4 \cdot h}. \quad (3)$$

Підставляючи формули (2) і (3) у формулу (1), отримаємо

$$P_0 = n \cdot \left( P_x + \frac{c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1 \cdot \sin \alpha}{4 \cdot h} \right). \quad (4)$$

Крутильний момент визначаємо за формулою

$$M = n(P_z \cdot R_c + P_T \cdot r). \quad (5)$$

Силу тертя визначаємо за відомою залежністю

$$P_T = \mu \cdot P_d. \quad (6)$$

Отже, враховуючи вирази (6), (5) і (3), отримаємо формулу для визначення крутного моменту

$$M = n \cdot \left( P_z \cdot R_c + \frac{\mu \cdot c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1}{4 \cdot h} \right). \quad (7)$$

Складові сил різання визначаються за емпіричними залежностями

$$P_z = C_p \cdot S^{y_z} \cdot b^{x_z} \cdot V^{n_z}; \quad (8)$$

$$P_x = C_{px} \cdot S^{y_x} \cdot b^{x_x} \cdot V^{n_x}.$$

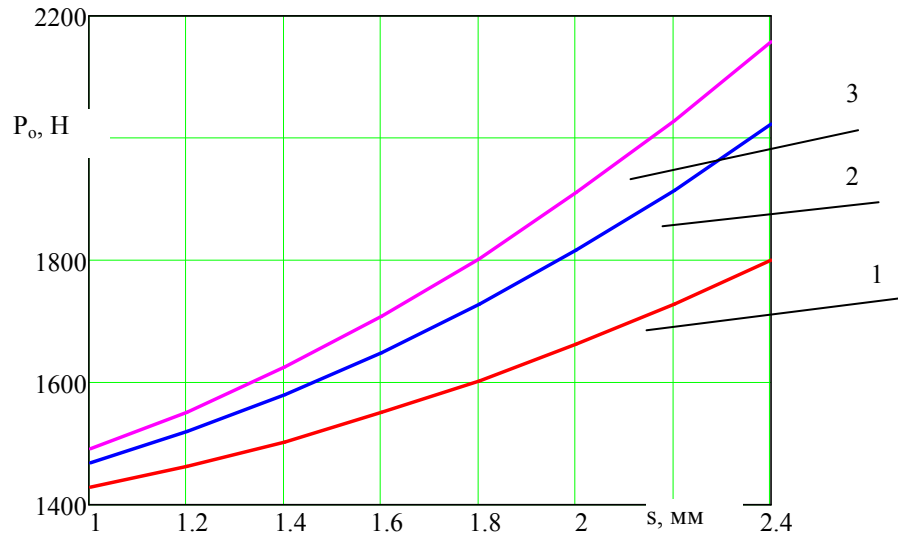


Рисунок 3. Графік залежності осьової сили завальцювання кульки від товщини стінки між кулькою та виточною: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

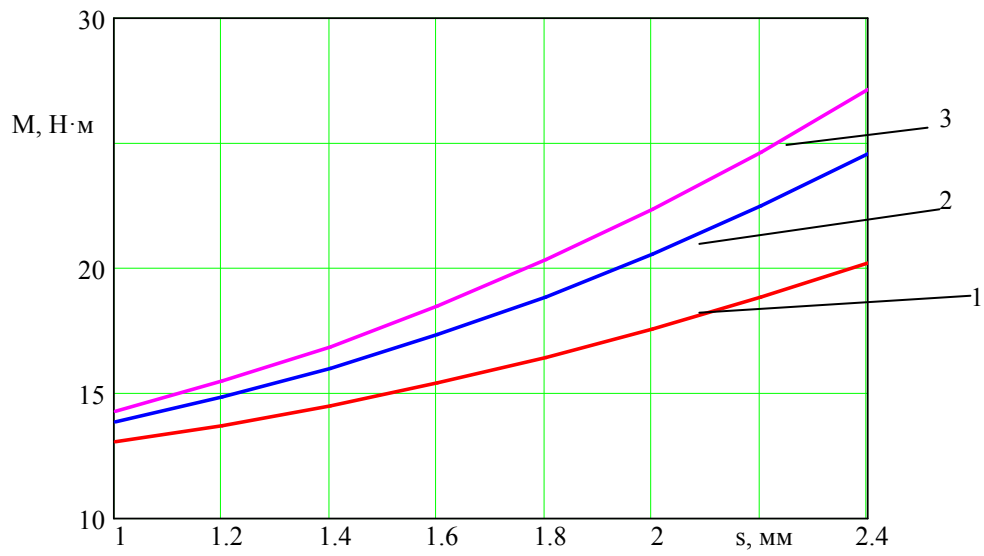


Рисунок 4. Графік залежності моменту завальцювання кульки від товщини стінки між кулькою та виточною: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

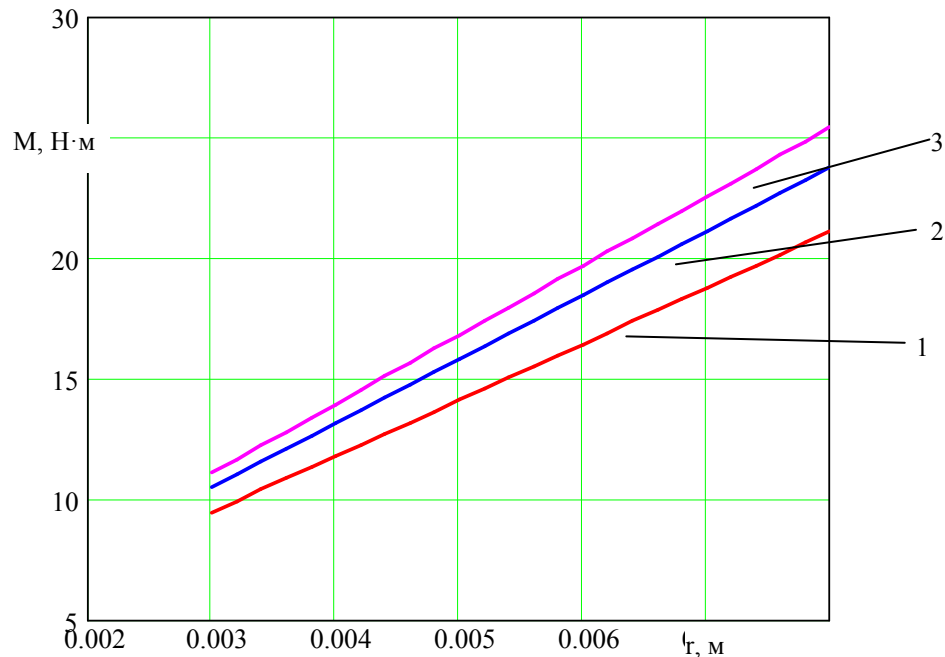


Рисунок 5. Графік залежності моменту завальцювання кульки від радіуса кульки:  
1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

Із графіків на рисунках 3 і 4 робимо висновок, що зі збільшенням товщини стінки між виточкою та кулькою зростає осьова сила та крутильний момент завальцювання, при цьому зростання цих параметрів носить квадратичний характер, а криві представлено у вигляді парабол.

На рисунку 5 бачимо, що зі збільшенням радіуса кульки, а відповідно і радіуса виточки, зростає крутильний момент завальцювання кульки по прямо пропорційній залежності.

**Висновки.** Розроблено конструкцію пристрою для завальцювання кулек у напрямних транспортних механізмів у попередньо підготовлені базові отвори.

Виведено аналітичні залежності для визначення силових, технологічних і конструктивних параметрів для завальцювання кулек у напрямних транспортних механізмах, виготовлених з різних марок сталей.

#### Література

1. Костецкий, Б.И. Надежность и долговечность машин [Текст] / Б.И. Костецкий. – К.: Техніка, 1975. – 275с.
2. Хрущов, М.М. Исследование изнашивания металлов [Текст] / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Издательство АН СССР, 1970. – 264с.
3. Ткачев, В.Н. Методы повышения долговечности деталей машин [Текст] / В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1971. – 271с.
4. Технологія автоматизованого виробництва [Текст] / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 1014с.
5. Пат. 50886 України, МПК B21D 39/00. Пристрій для завальцювання кулек у напрямних [Текст] / Гевко Б.М., Крук В.В., Дячун А.Є., Гевко І.Б.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – (UA) №u200913761; заявл. 28.12.2009; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12.

Отримано 03.11.2011